

ARTIGO ORIGINAL

PERCEPÇÃO DE RISCO À SAÚDE E EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM BOMBEIROS MILITARES DE BELO HORIZONTE-MG



Rafael Araújo Silva

<https://lattes.cnpq.br/2830067356152811> – <https://orcid.org/0000-0001-5913-6138>
rafaelaraujosilva95@gmail.com

Universidade Federal de Alfenas

Maria José Nunes de Paiva

<http://lattes.cnpq.br/3220121649467009> – <https://orcid.org/0000-0003-1795-3847>
paiva.mjn@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais

Isarita Martins

<http://lattes.cnpq.br/5611283228626145> – <https://orcid.org/0000-0001-7471-3773>
isaritams@gmail.com

Universidade Federal de Alfenas

RESUMO

A exposição ocupacional a incêndios florestais representa um risco significativo para a saúde de bombeiros, sendo a toxicologia ocupacional uma área crítica para o estudo de seus impactos. Este estudo transversal e descritivo teve como objetivo avaliar a percepção de risco à saúde e os sintomas associados à exposição à fumaça em 145 bombeiros militares de Belo Horizonte - MG, comparando os grupos de atuação administrativa (GAD) e operacional (GOP). Os dados foram coletados por meio de um questionário e examinados com estatística descritiva e testes de associação Qui-quadrado e Fisher. Os resultados revelaram que 92,41% dos participantes relataram pelo menos um sintoma após a exposição, com alta prevalência de dor de cabeça, irritação ocular e tosse. A análise por sistemas evidenciou que o sistema respiratório é o mais afetado, com o GOP apresentando uma carga sintomatológica mais elevada (mediana de 6 sintomas) do que o GAD (mediana de 4). De modo geral, a maior frequência de sintomas elencados pelo GOP pode estar relacionada à maior exposição ocupacional que reflete em uma maior percepção do risco. Diante desses achados, o estudo destaca a necessidade urgente de equipamentos de proteção respiratória específicos para incêndios florestais e a importância de programas de conscientização sobre os efeitos crônicos da exposição. As evidências sugerem que a percepção de risco dos bombeiros, embora concentrada em sintomas agudos, é um fator crucial para guiar futuras pesquisas científicas e o desenvolvimento de estratégias de saúde ocupacional mais eficazes.

Palavras-chave: bombeiros militares; toxicologia ocupacional; percepção de risco; doenças ocupacionais.



ARTIGO ORIGINAL

**PERCEPTION OF HEALTH RISKS AND OCCUPATIONAL EXPOSURE TO
FOREST FIRES AMONG MILITARY FIREFIGHTERS
IN BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS**

ABSTRACT

Occupational exposure to forest fires poses a significant health risk to firefighters, making occupational toxicology a critical area for studying its impacts. This cross-sectional and descriptive study aimed to assess the perception of health risks and symptoms associated with smoke exposure in 145 military firefighters in Belo Horizonte, Minas Gerais, comparing the administrative (GAD) and operational (GOP) groups. Data were collected using a questionnaire and analyzed using descriptive statistics and Chi-square and Fisher's exact tests. The results revealed that 92.41% of participants reported at least one symptom after exposure, with a high prevalence of headache, eye irritation, and cough. The analysis by systems showed that the respiratory system is the most affected, with the GOP presenting a higher symptom load (median of 6 symptoms) than the GAD (median of 4). In general, the higher frequency of symptoms reported by the GOP may be related to greater occupational exposure, reflecting a higher perception of risk. Given these findings, the study highlights the urgent need for specific respiratory protection equipment for forest fires and the importance of awareness programs on the chronic effects of exposure. The evidence suggests that firefighters' perception of risk, although focused on acute symptoms, is a crucial factor in guiding future scientific research and the development of more effective occupational health strategies.

Keywords: military firefighters; occupational toxicology; risk perception; occupational diseases.

Recebido em: 01/09/2025.
Aprovado em: 10/11/2025.
Publicado em: 27/11/2025.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

A atuação dos bombeiros é intrinsecamente perigosa, dadas as diversas exposições ocupacionais e a complexidade de suas funções em múltiplas frentes de trabalho (Goodrich et al., 2022; Kim et al., 2022). Os bombeiros militares são expostos a inúmeros fatores laborais com potencial de causar acidentes ou o desenvolvimento de doenças graves. Dentre esses, evidencia-se os agentes químicos (como a fumaça), físicos (como desconforto térmico, ruído, turnos prolongados), biológicos (exposição a patógenos infectantes) e psicológicos (como estresse, ansiedade, depressão) (Santos; Almeida, 2016).

Entre as atribuições dos bombeiros, o combate a incêndios, sejam eles urbanos ou florestais, destaca-se como uma das atribuições mais tradicionais e frequentes da profissão. Apesar dos riscos significativos associados à exposição à fumaça e ao calor, essa temática ainda é pouco abordada na literatura científica em relação às doenças ocupacionais (Baxter et al., 2014). É relevante notar que foi apenas em 2022 que a Agência Internacional de Pesquisa Sobre o Câncer (IARC) reclassificou a atividade profissional dos bombeiros como carcinogênica (Grupo 1) (IARC, 2023).

Os extremos climáticos globais, caracterizados pelo aumento das temperaturas e pela intensificação dos períodos de seca, têm agravado a ocorrência de incêndios florestais em frequência, duração e severidade, representando uma ameaça crescente à saúde pública e ao meio ambiente (Rawat; Kumar; Khati, 2023; Tyukavina et al., 2022; WHO, 2023). Os incêndios florestais, ao intensificarem o desmatamento e a emissão de partículas na atmosfera, contribuem para o agravamento das mudanças climáticas, estabelecendo um ciclo de destruição ambiental.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicou que o país contabilizou cerca de 279 mil focos de incêndios florestais em 2024, o maior número entre os países da América Latina, representando cerca de 54% do total de focos observados em todo o continente (INPE, 2025).

Em Minas Gerais, o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) é a instituição responsável pela coordenação, prevenção e combate aos incêndios florestais. Na última década, observou-se uma tendência de aumento no número de atendimentos realizados pelos bombeiros, com uma média de 16.993 ocorrências

anuais. O mínimo histórico foi registrado em 2005, com 9.809 atendimentos, e o máximo histórico registrado em 2024, com 29.358 atendimentos (CBMMG, 2024).

O incêndio florestal pode ser definido como “fogo sem controle que incide sobre qualquer tipo de vegetação, na maioria das vezes é provocado pelo homem, intencionalmente ou não, ou ainda, sob condições muito específicas, o incêndio pode ser de causa natural” (CBMMG, 2024). Esses eventos são responsáveis pela emissão significativa de gases e partículas na atmosfera.

Durante a combustão incompleta da matéria orgânica, ocorre a formação da fumaça, constituída por diversas substâncias gasosas e em suspensão. Dentre os compostos identificados, destacam-se materiais particulados (MP10, MP2.5), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (N₂O), compostos orgânicos voláteis (COVs), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, formaldeídos (HPAs), benzeno, tolueno, fenol, xileno e etilbenzeno (BTEX) (Oliveira et al., 2020; Urbanski; Hao; Baker, 2008). Ainda, Caumo et al. (2022) identificaram elementos-traço como arsênio, níquel e chumbo nas fumaças de incêndios florestais. No decorrer do combate direto ao fogo, os bombeiros são expostos a níveis elevados de substâncias tóxicas, incluindo produtos da combustão potencialmente carcinogênicos, além de enfrentarem condições de baixa oferta de oxigênio (Jung et al., 2021).

Um desafio crescente na toxicologia ocupacional contemporânea consiste em realizar uma estratégia de biomonitoramento abrangente frente à exposição simultânea a múltiplos contaminantes. Essas substâncias podem interagir no organismo, resultando em efeitos aditivos, sinérgicos ou mesmo antagônicos, o que dificulta a atribuição de desfechos toxicológicos específicos a cada componente individual da mistura.

Apesar dessa complexidade, existem evidências consistentes na literatura sobre os efeitos à saúde do contato com os HPAs, um dos principais componentes presentes na fumaça. Tais efeitos incluem danos oxidativos, genotóxicos e mutagênicos ao DNA (Esteves et al., 2024, 2025b; Galvão et al., 2018; Oliveira et al., 2016, 2020), modificações de marcadores inflamatórios (Cherry; Beach; Galarneau, 2021; Cordeiro et al., 2021; Esteves et al., 2025a) e alterações em células sanguíneas e de defesa (Barros et al., 2024; Paiva et al., 2024). Adicionalmente, outros compostos presentes na fumaça podem acarretar efeitos tóxicos, como os BTEX. Os efeitos mais conhecidos estão relacionados a hematotoxicidade associada ao benzeno, distúrbios

neuroológicos e irritação de mucosas associados ao tolueno, e potenciais aberrações cromossômicas e dano renal da exposição ao etilbenzeno e xilenos (Saeedi; Malekmohammadi; Tajalli, 2024).

Diante desse panorama, torna-se evidente o impacto significativo dos incêndios florestais na saúde ocupacional. Anualmente, milhares de profissionais de combate ao fogo, como os bombeiros florestais, brigadistas e voluntários, são mobilizados para atuar nesses eventos, com o objetivo de mitigar os impactos sobre a biodiversidade e a sociedade. Essas pessoas enfrentam uma série de riscos laborais, com jornadas que podem se estender por muitas horas, dias ou até meses, o que pode resultar em efeitos adversos à saúde, principalmente referentes à exposição à fumaça gerada pelos incêndios florestais. A complexidade e a toxicidade dos componentes da fumaça evidenciam a necessidade de estudos detalhados das exposições sofridas por esses profissionais, de forma a compreender os impactos à saúde para o desenvolvimento de estratégias de segurança para esses trabalhadores durante o desempenho de suas práticas profissionais.

Por isso, este trabalho tem como objetivo levantar a percepção de risco e os problemas de saúde autorrelatados por bombeiros que atuam em incêndios florestais na região de Belo Horizonte, bem como discutir criticamente os fatores relacionados a essa exposição, a fim de subsidiar o desenvolvimento de estratégias para mitigação dos riscos.

2 MÉTODO

2.1 Desenho do Estudo e Local de Pesquisa

Trata-se de um estudo epidemiológico transversal, observacional e descritivo, que integra elementos qualitativos e quantitativos, essenciais para uma avaliação de risco abrangente e apropriada. A vertente observacional envolveu a coleta de dados subjetivos e objetivos dos participantes por meio da aplicação de um questionário.

O estudo foi conduzido no município de Belo Horizonte (BH), capital do estado de Minas Gerais (MG). De acordo com as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística referentes a 2022, Belo Horizonte possui uma população estimada em 2 milhões e 300 mil habitantes, abrangendo uma área territorial de

331,354 km². Desse total, aproximadamente 274,04 km² correspondem a áreas urbanizadas. Nas áreas não urbanizadas, predominam os biomas Cerrado e Mata Atlântica. O clima de Belo Horizonte é classificado como tropical de altitude, caracterizado por um verão quente e úmido e um inverno seco e frio. O período do inverno (junho a setembro) é propício para o surgimento e a propagação dos incêndios florestais (IBGE, 2024).

2.2 População de estudo e critérios de elegibilidade

Um total de 145 bombeiros militares foram recrutados para o estudo, sendo 92 do grupo operacional (GOP) e 53 do administrativo (GAD). Foram incluídos participantes de ambos os sexos, com idades entre 18 e 60 anos, com pelo menos um ano de serviço e que já atuaram no combate aos incêndios florestais durante a carreira. Os militares participantes do serviço operacional pertencem às três unidades operacionais principais do CBMMG que atendem ocorrências de incêndios florestais com maior frequência: o 1º Batalhão de Bombeiros Militar (BBM), o 3º BBM e o Batalhão de Emergências Ambientais e Resposta a Desastres (BEMAD). A unidade administrativa considerada foi a Cidade Administrativa, complexo de edifícios que concentra a administração dos serviços públicos de Minas Gerais. O estudo foi realizado durante o período de estiagem do ano de 2023.

2.3 Procedimento de coleta de dados

Previamente à coleta, os voluntários foram informados sobre os procedimentos, objetivos e importância da pesquisa, bem como sobre os riscos e possíveis efeitos à saúde associados à fumaça dos incêndios florestais. Todos os participantes que concordaram em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Em seguida, aplicou-se o questionário de investigação ocupacional e ambiental (Apêndice A) aos participantes. Esse questionário teve como objetivo coletar informações pessoais, profissionais, de saúde, hábitos de vida relacionados a outras fontes de exposição a HPAs (por exemplo tabagismo e dieta) e percepções sobre

possíveis efeitos à saúde relacionados à exposição ocupacional à fumaça de incêndios florestais.

O questionário foi baseado no estudo de Machado (2018), com adaptações para a realidade da exposição ocupacional dos bombeiros, e foi previamente testado em um modelo piloto com 10 bombeiros militares. Esse teste piloto foi efetuado com a finalidade de avaliar possíveis vieses e, a partir das percepções e sugestões dos participantes, a ferramenta foi ajustada para corrigir inconsistências, complexidade, ambiguidade ou linguagem inacessível e perguntas supérfluas.

2.4 Análise Estatística

As análises estatísticas foram executadas utilizando os programas Excel 365® e RStudio®. Inicialmente, procedeu-se à análise descritiva das variáveis, apresentando frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas, e medidas de tendência central (média ou mediana) e dispersão (desvio padrão ou quartis) para as variáveis numéricas, conforme a distribuição dos dados.

A normalidade das variáveis contínuas foi verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk, e, como a maioria das variáveis não apresentou distribuição normal, foram aplicados testes não paramétricos. Para comparação de grupos, foi adotado o Teste de Mann-Whitney para amostras independentes.

Para investigar a associação entre as variáveis categóricas, como percepção de risco e problemas de saúde autorrelatados, empregou-se o Teste Qui-quadrado (χ^2). Nos casos em que as contagens esperadas em qualquer célula da tabela de contingência fossem inferiores a 5 ou houvesse células com contagem observada de zero, o Teste Exato de Fisher foi empregado, garantindo a validade da verificação para essas situações. O nível de significância adotado em todas as análises foi de 5% ($\alpha=0,05$).

2.5 Aspectos Éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CAE: 59677022.5.0000.5142). A pesquisa foi conduzida em conformidade com as diretrizes éticas e regulatórias vigentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da População Estudada

Um total de 145 militares participaram da pesquisa e preencheram o questionário de investigação ocupacional e ambiental. A Tabela 1 apresenta as características sociodemográficas, profissionais, hábitos pessoais e alimentares.

Tabela 1 – Caracterização dos bombeiros participantes do estudo (n = 145) divididos no grupo administrativo e operacional

(continua)

Características dos participantes		Administrativo (n = 53)	Operacional (n = 92)
Sociodemográfico	Gênero, n (%)		
	Masculino	44 (83,0)	85 (92,4)
	Feminino	9 (17,0)	7 (7,6)
	Idade (anos) *	39,0 ± 6,8 39,0 (27,0-56,0)	36,2 ± 6,9 35,0 (24,0-54,0)
	IMC (kg/m ²) *	26,2 ± 2,5 26,5 (18,0-33,8)	26,7 ± 3,2 26,1 (19,9-36,5)
	normal		
	(entre 18,5 - 24,9 kg/m ²), n (%)	15 (28,2)	54 (58,7)
	sobrepeso		
	(entre 25,0 - 29,9 kg/m ²), n (%)	36 (68,0)	23 (25,0)
	obesidade		
	(maior que 30,0 kg/m ²), n (%)	2 (3,8)	15 (16,3)
	Local de residência, n (%)		
	Urbana	52 (98,1)	89 (95,7)
	Intensidade do tráfego de veículos, n (%)		
	Baixo	13 (24,5)	20 (21,7)
	Moderado	31 (58,5)	50 (54,4)
	Elevado	8 (15,9)	22 (23,9)
	Rural	1 (1,9)	3 (3,3)
	Presença de indústrias próxima a residência, n (%)	6 (11,3)	21 (22,8)
Atividade profissional	Tempo de serviço total*	15,5 ± 7,4 14,0 (7,0-35,0)	12,6 ± 7,2 10 (2,0-33,0)
	Tempo de atuação no serviço operacional	6,6 ± 5,9 5,0 (0,0-30)	-
	Posto/graduação, n (%)		
	Soldado a Cabo	23 (43,4)	64 (69,6)
	Sargento a Subtenente	13 (24,5)	24 (26,1)
	Tenente a Capitão	13 (24,5)	4 (4,3)
	Major a Coronel	4 (7,6)	0 (0,0)

Tabela 1 – Caracterização dos bombeiros participantes do estudo (n = 145) divididos no grupo administrativo e operacional

		(conclusão)	
Características dos participantes		Administrativo (n = 53)	Operacional (n = 92)
Hábitos de vida	Ingestão de bebida alcoólica, n (%)	31 (58,5)	52 (56,5)
	1 a 2x/semana	28 (52,8)	38 (41,3)
	2 a 5x/semana	3 (5,7)	12 (13,0)
	Mais que 5x/semana	0 (0,0)	2 (2,2)
	Consumo de cigarro, n (%)	3 (5,6)	11 (11,9)
	1 a 3 dias/semana	2 (3,7)	4 (4,3)
	3 a 5 dias/semana	1 (1,9)	1 (1,1)
	todos os dias	0 (0,0)	6 (6,5)
Dieta	Ingestão de café, n (%)	48 (90,5)	75 (81,5)
	50 a 200 mL/dia	23 (43,4)	32 (34,8)
	200 a 500 mL/dia	18 (34,0)	30 (32,6)
	>500 mL/dia	7 (13,2)	13 (14,1)
	Alimentos, n (%)		
	carne assada	15 (28,3)	46 (50,0)
	amendoim	12 (22,6)	23 (25,0)
	defumados	13 (24,5)	22 (23,9)
	cereais	23 (43,4)	37 (40,2)
	óleo de soja	10 (18,9)	40 (43,5)

Fonte: elaboração própria (2025).

*média ± DP (desvio padrão)
mediana (mín-máx)

Os bombeiros participantes deste estudo foram majoritariamente do sexo masculino (83% a 93%), em ambos os grupos. Esse fato está relacionado ao percentual de entrada na instituição reservado para mulheres que, até 2023, era de apenas 10%. Em relação à idade, a mediana foi de 39 anos, com intervalo de 27-56 anos, para o GAD, e 35 anos, variando de 24 a 54 anos, para o GOP.

Os valores medianos de IMC (Kg/m²), nos grupos GAD e GOP, foram 26,5 e 26,1, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os dois grupos pelo teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$). Considerando os critérios do Ministério da Saúde (2020), 58,7% dos bombeiros do GOP encontram-se dentro da faixa normal (18,5 - 24,9 kg/m²), enquanto no GAD, essa frequência diminui para apenas 28,2%. Ainda, a maior prevalência de sobrepeso (25,0 - 29,9 kg/m²) foi observada no GAD, atingindo 68% dos participantes (Tabela 1) (Ministério da Saúde, 2020).

A distribuição dos postos e graduações entre os grupos destaca-se pela maior proporção de cabos e soldados (GAD: 43,4%; GOP: 69,6%) designados na função de execução; sargentos (GAD: 24,5%; GOP: 24,5%) na função de coordenação; e os demais postos, de tenente a coronel, como chefia e gerência. Devido a isso, as funções de cabo e soldados são as de maior exposição, tanto no GAD quanto no GOP.

Considerando a possibilidade de exposição por outras fontes de HPAs, foram avaliados os fatores como moradia, hábitos pessoais e dieta dos participantes. A maioria dos participantes relatou que reside em um ambiente urbano, sendo que mais da metade deles considerou a exposição ambiental, por causa do tráfego de veículos, como moderada (GAD: 58,5%; OP: 54,4%). Nos ambientes urbanos, as concentrações de HPAs atmosféricos estão relacionados, principalmente, à emissão dos veículos à combustão e às condições meteorológicas, como temperatura, umidade e velocidade do vento (Amarillo; Tavera Busso; Carreras, 2014).

O consumo de cigarro também está diretamente relacionado à exposição aos HPAs. A queima do cigarro libera mais de 6 mil compostos, incluindo os HPAs, que são em sua maioria prejudiciais à saúde humana (Adesina; Olowolafe; Igbafe, 2022; Kibet *et al.*, 2016). Os bombeiros do GOP apresentam uma prevalência de 11,9% no consumo de cigarro, enquanto no GAD, de 5,6%. Os dados da Pesquisa Nacional de Saúde, no Brasil, no ano de 2019, apontaram um percentual de adultos fumantes de, aproximadamente, 12,6% (INCA, 2022). De um modo geral, a diferença de consumo entre os grupos pode estar relacionada à fatores inerentes à atividade exercida, como estresse, o que aproxima o valor do GOP daquele observado na população brasileira.

A dieta pode ser considerada a principal fonte de exposição aos HPAs, correspondendo à, aproximadamente, 70% do total, desde que o indivíduo não fume ou apresente exposições ocupacionais relevantes (Paz *et al.*, 2017). A contaminação de alimentos com HPAs acontece tanto durante o cultivo, pela deposição desses compostos em produtos como frutas, legumes e cereais, quanto no processamento, durante a manipulação e limpeza, pelo uso de água contaminada e pelos processos industriais como defumação, secagem, desidratação e torrefação (Garcia *et al.*, 2014).

Os alimentos mais consumidos, em ambos os grupos, foram a carne assada (churrasco), cereais e óleo de soja, semanalmente. Um percentual de 80 a 90% dos participantes deste estudo relataram ingerir café, entre 50 mL (uma xícara) até 500 mL da bebida, por dia. Assim, uma vez que os grãos normalmente são submetidos ao processo de torrefação antes do preparo, essa é uma importante fonte de exposição aos HPAs para a população estudada.

3.2 Análise exploratória dos sintomas relacionados à exposição ocupacional

A exposição ocupacional prolongada a diversas substâncias químicas ao longo da carreira dos bombeiros pode aumentar o risco de desenvolvimento de doenças. Nesse sentido, o reconhecimento precoce dos sintomas apresentados por esses trabalhadores é fundamental, pois permite identificar quais sistemas fisiológicos podem ser afetados e a razão dessa exposição. Tal entendimento direciona esforços para a busca de biomarcadores específicos (Barros; Oliveira; Morais, 2021), possibilitando intervenções preventivas e avaliações clínicas mais assertivas, com o objetivo de detectar o desenvolvimento de doenças antes que se estabeleçam de forma irreversível.

A Tabela 2 apresenta os sintomas mais frequentes relatados pelos bombeiros após o combate aos incêndios florestais, considerando toda a sua carreira profissional.

Tabela 2 – Prevalência de sintomas relatados e associação com o grupo de atuação (GAD vs. GOP) entre bombeiros militares de Belo Horizonte, MG, 2023

(continua)

Sintoma Relatado	Grupo GAD (n=54)	Grupo GOP (n=91)	Total (n=145)	p-valor
Dor de cabeça	Sim: 33 (61,11%) Não: 21 (38,89%)	Sim: 71 (78,02%) Não: 20 (21,98%)	Sim: 104 (71,72%) Não: 41 (28,28%)	0.029*
Tremor	Sim: 3 (5,56%) Não: 51 (94,44%)	Sim: 8 (8,80%) Não: 83 (91,20%)	Sim: 11 (7,59%) Não: 134 (92,41%)	0.747
Agitação	Sim: 0 (0,00%) Não: 54 (100,00%)	Sim: 12 (13,19%) Não: 79 (86,81%)	Sim: 12 (8,28%) Não: 133 (91,72%)	0.004*
Tontura	Sim: 16 (29,62%) Não: 38 (70,38%)	Sim: 29 (31,87%) Não: 62 (68,13%)	Sim: 45 (31,03%) Não: 100 (68,97%)	0.778
Fraqueza muscular	Sim: 14 (25,92%) Não: 40 (74,08%)	Sim: 33 (36,26%) Não: 58 (63,74%)	Sim: 47 (32,41%) Não: 98 (67,59%)	0.198
Visão turva	Sim: 5 (9,25%) Não: 49 (90,75%)	Sim: 17 (18,68%) Não: 74 (81,32%)	Sim: 22 (15,17%) Não: 123 (84,83%)	0.155
Formigamento	Sim: 4 (7,40%) Não: 50 (92,60%)	Sim: 6 (6,59%) Não: 85 (93,41%)	Sim: 10 (6,90%) Não: 135 (93,10%)	1.000

Tabela 2 – Prevalência de sintomas relatados e associação com o grupo de atuação (GAD vs. GOP) entre bombeiros militares de Belo Horizonte, MG, 2023

(continuação)

Sintoma Relatado	Grupo GAD (n=54)	Grupo GOP (n=91)	Total (n=145)	p-valor
Produção de muco	Sim: 18 (33,33%) Não: 36 (66,67%)	Sim: 60 (65,93%) Não: 31 (34,07%)	Sim: 78 (53,80%) Não: 67 (46,20%)	< 0.001*
Falta de ar	Sim: 5 (9,26%) Não: 49 (90,74%)	Sim: 18 (19,78%) Não: 73 (80,22%)	Sim: 23 (15,86%) Não: 122 (84,14%)	0.105
Sinusite	Sim: 13 (24,07%) Não: 41 (75,93%)	Sim: 30 (32,97%) Não: 61 (67,03%)	Sim: 43 (29,65%) Não: 102 (70,35%)	0.257
Tosse	Sim: 23 (42,59%) Não: 31 (57,41%)	Sim: 62 (68,13%) Não: 29 (31,87%)	Sim: 85 (58,62%) Não: 60 (41,38%)	0.002*
Irritação nasal	Sim: 28 (51,85%) Não: 26 (48,15%)	Sim: 64 (70,33%) Não: 27 (29,67%)	Sim: 92 (63,45%) Não: 53 (36,55%)	0.025*
Enjoo	Sim: 10 (18,52%) Não: 44 (81,48%)	Sim: 23 (25,27%) Não: 68 (74,73%)	Sim: 33 (22,76%) Não: 112 (77,24%)	0.348
Vômito	Sim: 2 (3,70%) Não: 52 (96,30%)	Sim: 3 (3,30%) Não: 88 (96,70%)	Sim: 5 (3,45%) Não: 140 (96,55%)	1.000
Azia	Sim: 4 (7,40%) Não: 50 (92,60%)	Sim: 14 (15,38%) Não: 77 (84,62%)	Sim: 18 (12,41%) Não: 127 (87,59%)	0.198
Cólica	Sim: 0 (0,00%) Não: 54 (100,00%)	Sim: 9 (9,89%) Não: 82 (90,11%)	Sim: 9 (6,20%) Não: 136 (93,80%)	0.026*
Diarreia	Sim: 2 (3,70%) Não: 52 (96,30%)	Sim: 13 (14,28%) Não: 78 (85,72%)	Sim: 15 (10,34%) Não: 130 (89,66%)	0.050
Dor de garganta	Sim: 6 (11,11%) Não: 48 (88,89%)	Sim: 25 (27,47%) Não: 66 (72,53%)	Sim: 31 (21,38%) Não: 114 (78,62%)	0.020*
Coceira	Sim: 7 (12,96%) Não: 47 (87,04%)	Sim: 18 (19,78%) Não: 73 (80,22%)	Sim: 25 (17,24%) Não: 120 (82,76%)	0.293
Dermatite	Sim: 0 (0,00%) Não: 54 (100,00%)	Sim: 11 (12,09%) Não: 80 (87,91%)	Sim: 11 (7,59%) Não: 134 (92,41%)	0.007*

Tabela 2 – Prevalência de sintomas relatados e associação com o grupo de atuação (GAD vs. GOP) entre bombeiros militares de Belo Horizonte, MG, 2023

(conclusão)

Sintoma Relatado	Grupo GAD (n=54)	Grupo GOP (n=91)	Total (n=145)	p-valor
Irritação ocular	Sim: 31 (57,40%) Não: 23 (42,60%)	Sim: 68 (74,72%) Não: 23 (25,28%)	Sim: 99 (68,28%) Não: 46 (31,72%)	0.030*

Fonte: elaboração própria (2025).

Entre os sintomas relacionados, destacaram-se com maior prevalência a dor de cabeça (71,72%), irritação ocular (68,28%), irritação nasal (63,45%), tosse (58,62%) e produção de muco (53,80%). A alta frequência de problemas de saúde relacionados à via respiratória sugere uma possível associação com a carência de equipamentos de proteção individual (EPIs) específicos e eficientes para a atuação nesses tipos de incêndio.

A exposição aos HPAs está ligada a efeitos no sistema respiratório, tais como doença pulmonar obstrutiva crônica, asma, tosse, dispneia e dor de garganta (Leachi *et al.*, 2020). Os relatos obtidos neste estudo estão de acordo com os principais achados da literatura. Além disso, a Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR (2023) sugere que os sintomas agudos como dor de cabeça, náusea e irritação dérmica podem ser provocados por outras substâncias presentes na fumaça. A dor de cabeça, em particular, pode estar associada à inalação de monóxido de carbono (CO), conhecido por sua capacidade de unir-se à hemoglobina, resultando em uma redução da capacidade de transporte de oxigênio, o que pode ocasionar um quadro de hipóxia e, consequentemente, cefaleia (ATSDR, 2023).

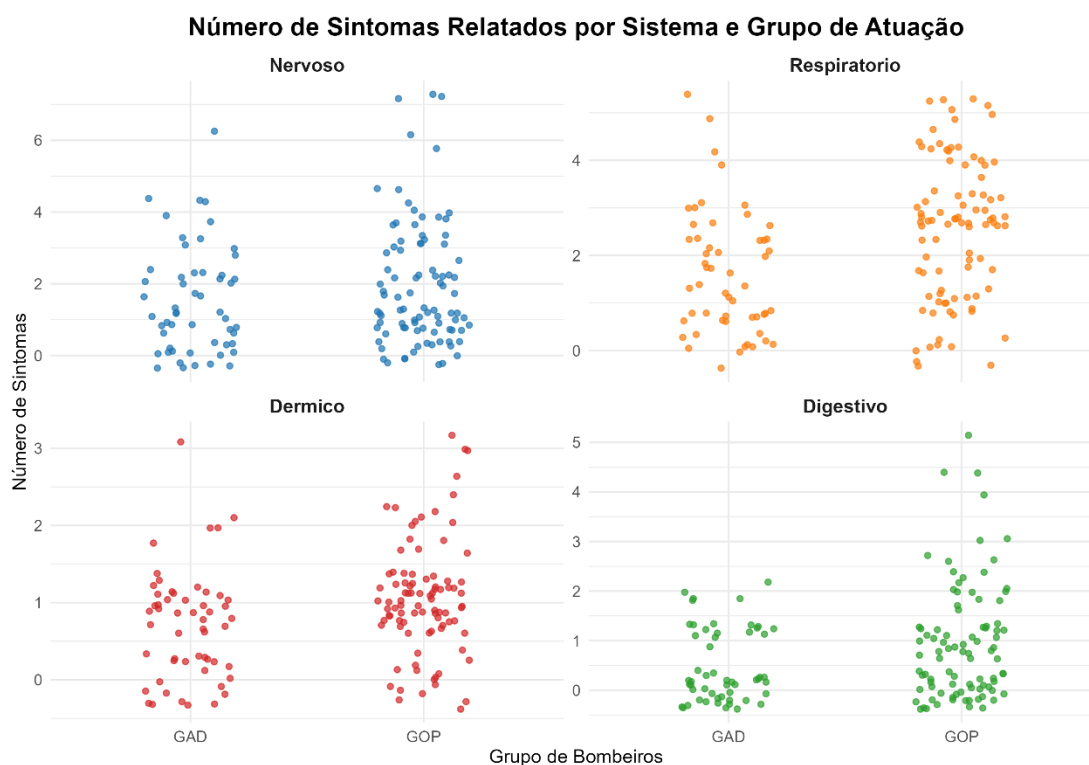
Outro fator relevante observado foi a diferença na percepção e ocorrência de sintomas entre os grupos GAD e GOP. Sintomas como dor de cabeça, produção de muco, tosse, irritação nasal, dor de garganta, irritação ocular, agitação, cólica e dermatite apresentaram diferença significativa entre os grupos ($p < 0.05$). Essa disparidade pode ser atribuída à maior frequência de exposição do GOP aos incêndios florestais. A exposição mais intensa e frequente pode aumentar tanto a percepção quanto o acometimento real desses sintomas, justificando a maior frequência de relatos por parte dos bombeiros do GOP.

Os resultados encontrados estão em consonância com outros achados na literatura. Por exemplo, em estudo com bombeiros de Portugal, Paiva *et al.* (2024)

observaram relatos frequentes de irritações oculares e do trato respiratório, além de cefaleia, após o combate a incêndios. Similarmente, Cherry *et al.* (2022) também documentaram sintomas de irritação nos olhos, nariz, garganta e tosse, cuja incidência e gravidade aumentavam com o prolongamento da exposição. Uma análise preliminar demonstrou que o uso de máscaras N95 estava associado a uma redução significativa na frequência de sintomas como tosse, irritação na garganta e no nariz (Cherry *et al.*, 2022).

No âmbito do próprio CBMMG, Colen Pena e Alcântara Gonçalves (2024) evidenciaram que militares do Pelotão de Combate a Incêndio Florestal (PCIF) (n = 28) relataram com frequência sintomas como irritação nos olhos e tosse, resultados similares aos observados no presente estudo. É relevante notar que, neste trabalho, o grupo do PCIF também participou, juntamente com a inclusão de militares do 1º BBM e do 3º BBM. Essa ampliação da amostra, totalizando 191 participantes (incluindo GAD e GOP), reforça a robustez dos achados e sugere que a percepção de riscos à saúde e a manifestação desses sintomas se mantêm em uma amostragem mais representativa de bombeiros militares atuantes em Belo Horizonte.

Figura 1 – Jitter plot do número de sintomas relatados por sistema e grupo de trabalho (GAD e GOP), entre Bombeiros Militares em ocorrências de incêndios florestais em Belo Horizonte, MG, 2025



Fonte: elaboração própria (2025).

Observou-se que 92,41% dos militares ($n = 134$) relataram pelo menos um sintoma após o atendimento de ocorrências de incêndios florestais ao longo de sua carreira. A Figura 1 exemplifica a distribuição do número de sintomas por sistema fisiológico (nervoso, respiratório, dérmico/mucosas e digestório) em cada grupo de atuação (GAD e GOP).

De modo geral, o GOP apresentou uma sintomatologia mais elevada em comparação com o GAD. Para o número total de sintomas, o GOP apresentou uma mediana de 6 sintomas, enquanto o GAD registrou uma mediana de 4 sintomas. Essa observação reforça a hipótese de que a intensidade e a frequência da exposição aos incêndios florestais impactam diretamente na saúde desses profissionais, refletindo na percepção da própria saúde.

Considerando cada sistema, a Figura 1 mostra que o sistema nervoso apresentou uma distribuição de sintomas considerável, com maior concentração de relatos (1 e 2 sintomas) em ambos os grupos, e a ocorrência de valores mais elevados (3 e 4 sintomas) predominantemente no GOP. Sintomas como a dor de cabeça, por exemplo, que possui alta prevalência geral (71,72%), podem ser exacerbados pela exposição ao monóxido de carbono e pelo estresse, conforme discutido anteriormente (ATSDR, 2023).

No caso do sistema dérmico/mucosas, a Figura 1 ilustra uma concentração de pontos em valores baixos (frequentemente 0 ou 1 sintoma) para ambos os grupos, especialmente no GAD. No entanto, o GOP exibe uma parcela significativa de bombeiros que relatam alguma irritação ocular e outros sintomas dérmicos, com pontos mais dispersos e alguns valores mais altos. Similarmente, o sistema digestório também demonstra uma predominância de ausência ou poucos sintomas (valores 0 ou 1) para a maioria dos indivíduos em ambos os grupos. Essa concentração em valores baixos para os sistemas dérmico/mucosas e digestório sugere que, apesar da exposição, esses sintomas podem não se manifestar de forma aguda e com a mesma intensidade para a maioria dos bombeiros quando comparados aos sintomas respiratórios ou nervosos.

Em relação ao sistema respiratório, a Figura 1 evidenciou uma concentração de relatos em valores superiores para o GOP (mediana de sintomas > 3) em comparação ao GAD (mediana de 1 sintoma). Dada a natureza da exposição, esse

sistema é, de fato, considerado um dos mais afetados em bombeiros que atuam em incêndios florestais, o que reforça a discussão sobre a urgência de um equipamento de proteção respiratória específico e eficaz para essa atividade.

A relevância do uso de uma proteção respiratória é corroborada por estudos como o de Cherry *et al.* (2023), que avaliaram o uso da máscara N95 por bombeiros como uma estratégia para minimizar a absorção de contaminantes. As evidências indicaram que a máscara diminuiu a absorção de 1-hidroxipireno (metabólito do pireno, um hidrocarboneto policíclico aromático presente na fumaça), apesar de não oferecer proteção total das vias aéreas. As diferenças nos tipos de EPIs disponíveis e utilizados podem, de fato, influenciar a exposição e os impactos à saúde desses profissionais, uma vez que a via respiratória dos bombeiros em incêndios florestais é geralmente menos protegida do que a dos bombeiros que combatem incêndios urbanos, pois empregam o equipamento de proteção respiratória (EPR) autônomo.

A conscientização sobre a importância dos EPIs está presente entre os bombeiros investigados. Neste estudo, 97% dos participantes relataram usar os EPIs recomendados para o combate a incêndios florestais, incluindo capacete, balaclava, óculos, perneira, botas e luvas. Além disso, 92% consideram importante o desenvolvimento de uma máscara específica para essa atividade. Notavelmente, 90% dos bombeiros indicaram o uso da balaclava como uma estratégia para minimizar a inalação da fumaça. Esse dado demonstra uma percepção individual de risco à saúde em relação aos impactos da fumaça e também uma receptividade em relação à implementação de novos equipamentos de proteção respiratória no futuro.

A seleção adequada dos EPIs é essencial para garantir a segurança dos bombeiros durante o combate aos incêndios florestais. No contexto desta pesquisa e com base na literatura atual, os autores deste trabalho sugerem que um EPI ideal para essa atividade deve apresentar as seguintes características:

1. Compatibilidade com o risco: deve ser projetado para proteger contra os riscos específicos associados ao combate a incêndios florestais, como calor intenso, chamas, fumaça e materiais particulados.
2. Conforto e ergonomia: deve ser confortável de usar, considerando que os bombeiros podem atuar por muitas horas. Além disso, é fundamental que permita movimentos livres e seguros.

3. Qualidade do material: os materiais utilizados na fabricação devem ser de alta qualidade e resistentes ao fogo.
4. Retenção de partículas e gases tóxicos: a máscara ou o sistema de proteção respiratória do EPI deve ser capaz de reter materiais particulados e gases tóxicos presentes na fumaça.
5. Leveza: dado o esforço físico exigido no combate aos incêndios florestais, o EPI deve ser leve o suficiente para não ocasionar sobrecarga aos bombeiros.
6. Adaptabilidade ao rosto: deve ser adaptável a diferentes tamanhos e formatos de rosto para garantir um bom selamento.
7. Facilidade de limpeza e manutenção: deve ser de fácil limpeza e manutenção para garantir sua durabilidade e higiene.
8. Possibilidade de reutilização: em alguns casos, a reutilização do EPI pode ser considerada, desde que seja possível realizar a descontaminação e manutenção adequadas.

Atualmente, algumas empresas desenvolvem máscaras específicas para o combate a incêndios florestais. No entanto, até o presente momento, essas máscaras ainda não receberam certificação oficial por parte dos órgãos reguladores ou validação robusta na literatura científica. Essa situação é, em certa medida, análoga à que ocorreu com a rápida popularização e desafios de certificação das máscaras N95 durante a pandemia da covid-19.

No artigo de revisão de Colen Pena e Alcântara Gonçalves (2024), são discutidos os tipos de filtro e as alternativas disponíveis para máscaras no contexto de incêndios florestais. Os autores também destacam a persistente lacuna de evidências científicas sobre a exposição ocupacional dos bombeiros florestais aos diversos produtos de combustão potencialmente tóxicos. Adicionalmente, ressaltam o uso generalizado de equipamentos não certificados, como máscaras N95, balaclavas ou bandanas, como medidas improvisadas de proteção respiratória. Além disso, abordam a dificuldade intrínseca de aliar a proteção eficaz contra vapores e materiais particulados com a necessidade de manutenção de uma frequência respiratória adequada ou o fornecimento contínuo de ar não contaminado durante as operações de combate dos incêndios florestais.

Por fim, a avaliação da percepção de risco dos bombeiros em relação aos riscos à saúde decorrentes da exposição à fumaça mostrou que 94,50% dos participantes acreditam que a atividade de combate a incêndios florestais apresenta riscos, enquanto 3,45% não os identificam e 2,05% optaram por não responder. Essa alta porcentagem de reconhecimento de riscos é um reflexo do perigo inerente à profissão, ou seja, o conhecimento da periculosidade das substâncias e situações a que estão expostos.

No entanto, a percepção de risco, que se refere à avaliação subjetiva da probabilidade de um agravo à saúde, demonstrou ser um fator complexo. Embora a percepção geralmente se restrinja aos efeitos agudos, como evidenciado na Tabela 2 e na Figura 1 pelos relatos de sintomas imediatos, torna-se essencial promover a conscientização sobre os efeitos crônicos da exposição, especialmente o câncer, que atinge significativamente essa população.

Esses dados destacam a importância de reconhecer as vivências e preocupações dos bombeiros em relação à própria saúde ocupacional. Adicionalmente, 22,76% dos bombeiros relataram casos de câncer na família, com destaque para os de próstata, mama, pele e pulmão. Esse histórico familiar pode, portanto, ser considerado um fator de risco adicional para o desenvolvimento de câncer nesses participantes, exigindo atenção em programas de vigilância da saúde.

3.3 Limitações do estudo

As limitações deste artigo estão relacionadas às características inerentes aos estudos transversais, que, por sua natureza, não permitem estabelecer relações causais diretas. Entretanto, tais estudos são fundamentais como etapas iniciais, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de pesquisas com delineamentos mais robustos, como estudos de coorte ou caso-controle, que podem aprofundar as hipóteses levantadas.

Os participantes estavam geograficamente concentrados na capital de Minas Gerais, uma região com recursos operacionais superiores aos disponíveis em áreas mais remotas do estado. Bombeiros florestais que atuam no interior enfrentam desafios distintos, possivelmente mais intensos, em relação aos descritos neste trabalho. Embora os resultados possam não refletir completamente a diversidade de

riscos enfrentados em outras regiões, servem como um ponto de partida para inferências em outras populações de bombeiros florestais.

4 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos neste estudo, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados. Houve adesão e relato considerável dos participantes (94,24%) em relação aos problemas de saúde possivelmente ocasionados pela exposição aos incêndios florestais. Os sintomas autorrelatados mais prevalentes foram dor de cabeça, irritação ocular, tosse e produção de muco, sendo o sistema respiratório o mais afetado e gerador de maior incômodo entre os bombeiros.

A avaliação demonstrou que a percepção de risco à saúde está diretamente relacionada à frequência de exposição, conforme evidenciado pela maior carga sintomatológica no grupo operacional (GOP, mediana de 6 sintomas) em comparação ao grupo administrativo (GAD, mediana de 4 sintomas). Além disso, o entendimento do risco refletiu em estratégias preventivas, visto que cerca de 92% dos militares utilizam os EPIs recomendados, e 90% indicaram o uso da balaclava para minimizar a inalação da fumaça. Isso demonstra que os bombeiros percebem o risco inerente e a necessidade de um equipamento respiratório específico para a atividade. Tais perspectivas e o reconhecimento do risco são essenciais para a elaboração de estratégias eficazes de prevenção e mitigação de riscos.

Como perspectiva futura, ressalta-se a necessidade de maior desenvolvimento da literatura científica no âmbito dos incêndios florestais, que ainda apresenta lacunas significativas. Espera-se, assim, o estabelecimento de limites de exposição e indicações baseadas em marcadores biológicos, visando nortear ações preventivas que minimizem os agravos à saúde e protejam os bombeiros ao longo de toda a sua carreira profissional.

REFERÊNCIAS

ADESINA, O. A.; OLOWOLAFE, T. I.; IGBAFE, A. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbon from mainstream smoke of tobacco products and its risks assessment. **Journal of Hazardous Materials Advances**, [s. l.], v. 5, p. 100053, 2022.

AMARILLO, A. C.; TAVERA BUSSO, I.; CARRERAS, H. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in urban environments: Health risk assessment by age groups. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 195, p. 157–162, 2014.

ATSDR. **Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)**: | Environmental Medicine |. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/cover-page.html>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BARROS, B. *et al.* Baseline data and associations between urinary biomarkers of polycyclic aromatic hydrocarbons, blood pressure, hemogram, and lifestyle among wildland firefighters. **Frontiers in Public Health**, [s. l.], v. 12, p. 1338435, 2024.

BARROS, B.; OLIVEIRA, M.; MORAIS, S. Chapter Six - Urinary biohazard markers in firefighters. *In*: MAKOWSKI, G. S. (org.). **Advances in Clinical Chemistry**. [S. l.]: Elsevier, 2021. v. 105, p. 243–319. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065242321000159>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BAXTER, C. S. *et al.* Exposure of firefighters to particulates and polycyclic aromatic hydrocarbons. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, [s. l.], v. 11, n. 7, p. D85-91, 2014.

CAUMO, S. *et al.* Human risk assessment of ash soil after 2020 wildfires in Pantanal biome (Brazil). **Air Quality, Atmosphere, & Health**, [s. l.], v. 15, n. 12, p. 2239–2254, 2022.

CBMMG. **Série histórica dos atendimentos realizados pelo CBMMG**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZGRIMDgyM2YtYzdkMS00NjZkLWI0ODctOTVhNDYNGY1MGEwliwidCI6IjM3ODAA0ZTIhLTlkM2UtNDdiNS05NjJiLWRjNDBhNmRiMTBiYSJ9>. Acesso em: 13 set. 2023.

CHERRY, N. *et al.* Exposures to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Mitigation in Wildland Firefighters in Two Canadian Provinces. **Annals of Work Exposures and Health**, [s. l.], v. 67, n. 3, p. 354–365, 2023.

CHERRY, N. *et al.* Respiratory Tract and Eye Symptoms in Wildland Firefighters in Two Canadian Provinces: Impact of Discretionary Use of an N95 Mask during Successive Rotations. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 20, p. 13658, 2022.

CHERRY, N.; BEACH, J.; GALARNEAU, J.-M. Are Inflammatory Markers an Indicator of Exposure or Effect in Firefighters Fighting a Devastating Wildfire? Follow-up of a Cohort in Alberta, Canada. **Annals of Work Exposures and Health**, [s. l.], v. 65, n. 6, p. 635–648, 2021.

COLEN PENA, V.; ALCÂNTARA GONÇALVES, G. Produtos tóxicos da combustão no incêndio florestal. **Vigiles**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 186–216, 2024.

CORDEIRO, T. G. *et al.* Fire simulator exposure alters the innate epithelial response and inflammatory status in the airways of firefighters. **Rhinology**, [s. l.], v. 59, n. 3, p. 267–276, 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. **Instrução Técnica Operacional 11 - Prevenção e Combate aos incêndios em Vegetação**. 2. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2024.

ESTEVES, F. *et al.* Firefighters' Occupational Exposure in Preparation for Wildfire Season: Addressing Biological Impact. **Toxics**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 201, 2024.

ESTEVES, F. *et al.* Impact of occupational exposure to wildfire events on systemic inflammatory biomarkers in Portuguese wildland firefighters. **Environmental Research**, [s. l.], v. 277, p. 121608, 2025a.

ESTEVES, F. *et al.* Occupational exposure to wildland firefighting and its effects on systemic DNA damage. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [s. l.], v. 266, p. 114576, 2025b.

GALVÃO, M. F. de O. *et al.* Biomass burning particles in the Brazilian Amazon region: Mutagenic effects of nitro and oxy-PAHs and assessment of health risks. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 233, p. 960–970, 2018.

GARCIA, L. P. *et al.* Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em alimentos: uma revisão. **Pubvet**, [s. l.], v. 8, n. 19, 2014. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1632>. Acesso em: 4 ago. 2024.

GOODRICH, J. M. *et al.* Repeat measures of DNA methylation in an inception cohort of firefighters. **Occupational and Environmental Medicine**, [s. l.], v. 79, n. 10, p. 656–663, 2022.

IARC. **Occupational Exposure as a Firefighter**. [S. l.]: [s. d.], 2023. (IARC Monogr Identif Carcinog Hazards Hum). v. 132 Disponível em: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Occupational-Exposure-As-A-Firefighter-2023>. Acesso em: 22 abr. 2024.

IBGE. **Belo Horizonte (MG) | Cidades e Estados | IBGE**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/belo-horizonte.html>. Acesso em: 24 jul. 2024.

INCA. **Prevalência do tabagismo**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/gestor-e-profissional-de-saude/observatorio-da-politica-nacional-de-controle-do-tabaco/dados-e-numeros-do-tabagismo/prevalencia-do-tabagismo>. Acesso em: 4 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). National Institute for Space Research. **Programa Queimadas • INPE**. [S. l.], 2025. Disponível em: https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_paises/. Acesso em: 28 maio 2025.

JUNG, A. M. *et al.* Longitudinal evaluation of whole blood miRNA expression in firefighters. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 900–912, 2021.

KIBET, J. *et al.* Kinetic modeling of nicotine in mainstream cigarette smoking. **Chemistry Central Journal**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 60, 2016.

KIM, Y. T. *et al.* The effect of polycyclic aromatic hydrocarbons on changes in the brain structure of firefighters: An analysis using data from the Firefighters Research on Enhancement of Safety & Health study. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 816, p. 151655, 2022.

LEACHI, H. F. L. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons and development of respiratory and cardiovascular diseases in workers. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], v. 73, p. e20180965, 2020.

MACHADO, S. C. **Avaliação da exposição a uma mistura complexa de praguicidas e estudo de endpoints para a aplicação como biomarcadores de exposição ocupacional aos fungicidas triazóis**. 2018. 158 f. - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas do sobrepeso e obesidade em adultos**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/protocolos/20201113_pcdt_sobrepeso_e_obesidade_em_adultos_29_10_2020_fin_al.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

OLIVEIRA, M. *et al.* Firefighters' exposure biomonitoring: impact of firefighting activities on levels of urinary monohydroxyl metabolites. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [s. l.], v. 219, n. 8, p. 857–866, 2016.

OLIVEIRA, M. *et al.* Firefighters exposure to fire emissions: Impact on levels of biomarkers of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and genotoxic/oxidative-effects. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 383, p. 121179, 2020.

PAIVA, A. M. *et al.* Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure and short-time health effects in wildland firefighters during real-life fire events. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 926, p. 171801, 2024.

PAZ, A. P. S. D. *et al.* Presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em produtos alimentícios e a sua relação com o método de cocção e a natureza do alimento. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 20, n. 0, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232017000100303&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 4 ago. 2024.

RAWAT, A.; KUMAR, D.; KHATI, B. S. A review on climate change impacts, models, and its consequences on different sectors: a systematic approach. **Journal of Water and Climate Change**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 104–126, 2023.

SAEEDI, M.; MALEKMOHAMMADI, B.; TAJALLI, S. Interaction of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene with human's body: Insights into characteristics, sources and health risks. **Journal of Hazardous Materials Advances**, [s. l.], v. 16, p. 100459, 2024.

SANTOS, M.; ALMEIDA, A. **Principais riscos e fatores de risco ocupacionais associados aos bombeiros, eventuais doenças profissionais e medidas de proteção recomendadas**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.rpso.pt/principais-riscos-e-fatores-de-risco-ocupacionais-associados-aos-bombeiros-eventuais-doencas-profissionais-e-medidas-de-protecao-recomendadas/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

TYUKAVINA, A. *et al.* Global Trends of Forest Loss Due to Fire From 2001 to 2019. **Frontiers in Remote Sensing**, [s. l.], v. 3, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsen.2022.825190>. Acesso em: 17 jun. 2024.

URBANSKI, S. P.; HAO, W. M.; BAKER, S. Chapter 4 Chemical Composition of Wildland Fire Emissions - **ScienceDirect**. [s. l.], v. 8, p. 79–107, 2008.

WHO. **Climate change**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/climate-change>. Acesso em: 30 jun. 2024.

APÊNDICE A – FICHA DE INVESTIGAÇÃO DE EXPOSIÇÃO À FUMAÇA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

1. INFORMAÇÕES PESSOAIS

Nome:	Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M
Data de nascimento: / /	Idade:
Posto/Graduação:	nº de matrícula:

2. ATIVIDADE PROFISSIONAL

Regime de trabalho: <input type="checkbox"/> Operacional <input type="checkbox"/> Administrativo	Se administrativo, já atuou no operacional? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Por quanto tempo? (em anos):
Tempo de serviço (em anos):	Local de trabalho: <input type="checkbox"/> 1BMM <input type="checkbox"/> 2BBM <input type="checkbox"/> 3BBM
Com qual frequência atua em incêndios florestais? <input type="checkbox"/> Raro <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Elevado	
Função: <input type="checkbox"/> chefe de guarnição <input type="checkbox"/> combatente <input type="checkbox"/> motorista	

3. DADOS DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL

Município de residência:
Tipo de área: <input type="checkbox"/> urbana <input type="checkbox"/> rural
Existem indústrias, empresas ou locais que emitem fumaça próxima ao local onde você mora? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Qual a intensidade de tráfego próxima a sua residência? <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Elevado

4. HABITOS DE VIDA

Fuma? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quanto tempo? (em anos) _____ Convive com pessoas fumantes? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Frequência: <input type="checkbox"/> Pouco (1 a 3x por semana) <input type="checkbox"/> Moderado (3 a 5x por semana) <input type="checkbox"/> Elevado (todos os dias)
Consome bebida alcoólica? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Frequência: <input type="checkbox"/> Pouco (1 a 2x por semana) <input type="checkbox"/> Moderado (2 a 5 x por semana) <input type="checkbox"/> Elevado (maior que 5x por semana)
Consome café? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Frequência: <input type="checkbox"/> Pouco (50 a 200 mL/dia) <input type="checkbox"/> Moderado (200 a 500 mL/dia) <input type="checkbox"/> Elevado (>500 mL/dia) (considere uma xícara de café = 50mL)
Hábitos alimentares: marque os alimentos abaixo que você consuma com frequência (mais de uma vez na semana). <input type="checkbox"/> carne assada(churrasco) <input type="checkbox"/> amendoim <input type="checkbox"/> café torrado <input type="checkbox"/> alimentos defumados <input type="checkbox"/> cereais <input type="checkbox"/> chá <input type="checkbox"/> óleo de soja	

5. DADOS OCUPACIONAIS

Considera que a atividade de combate a incêndios florestais apresenta risco à saúde? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Justifique (opcional):
Já apresentou um ou mais dos problemas de saúde relacionados abaixo após a exposição aos incêndios florestais? Relacionados ao Sistema Nervoso Central e Periférico: <input type="checkbox"/> dor de cabeça <input type="checkbox"/> tremor <input type="checkbox"/> agitação <input type="checkbox"/> tontura/vertigem <input type="checkbox"/> fraqueza muscular <input type="checkbox"/> visão turva/embaçada <input type="checkbox"/> formigamento Relacionados ao aparelho respiratório <input type="checkbox"/> catarro <input type="checkbox"/> falta de ar <input type="checkbox"/> sinusite/bronquite <input type="checkbox"/> tosse <input type="checkbox"/> Irritação nasal (coceira/ardência) Relacionados ao aparelho digestivo <input type="checkbox"/> enjoo <input type="checkbox"/> vômito <input type="checkbox"/> azia/queimação <input type="checkbox"/> dor de barriga/cólica <input type="checkbox"/> diarreia <input type="checkbox"/> dor de garganta Relacionados a pele e mucosa <input type="checkbox"/> coceira <input type="checkbox"/> dermatite <input type="checkbox"/> irritação ocular
Utiliza equipamentos de proteção individual: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Capacete <input type="checkbox"/> balaclava <input type="checkbox"/> luvas <input type="checkbox"/> óculos <input type="checkbox"/> bota
Motivo de não usar EPI <input type="checkbox"/> desconforto <input type="checkbox"/> dificulta o trabalho <input type="checkbox"/> esquecimento <input type="checkbox"/> outro
Considera um EPI respiratório necessário para o combate aos incêndios florestais? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Utiliza a balaclava como protetor respiratório? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Utiliza outro equipamento ou máscara como protetor respiratório? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Realiza alguma das medidas abaixo após combate aos incêndios florestais? <input type="checkbox"/> tomar banho <input type="checkbox"/> troca de fardamento <input type="checkbox"/> não realizo nenhuma medida <input type="checkbox"/> outro
Apresenta uma farda específica destinada ao combate aos incêndios florestais? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Com que frequência ocorre a lavagem dessa roupa? <input type="checkbox"/> semanalmente <input type="checkbox"/> quinzenalmente <input type="checkbox"/> mensalmente <input type="checkbox"/> outro
A lavagem dessa roupa é separada das outras? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

6. INFORMAÇÕES SOBRE SAÚDE

Já teve/tem câncer? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Qual tipo?
Tem histórico na família? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Apresenta alguma das comorbidades abaixo? <input type="checkbox"/> hipertensão <input type="checkbox"/> diabetes <input type="checkbox"/> insuficiência urinária <input type="checkbox"/> asma <input type="checkbox"/> outro	
Utiliza algum medicamento de forma contínua? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Medicamentos e posologia	